

## METHOD AND DEVICE FOR SUPPORTING AN HDC DURING STARTING AND/OR DRIVING A VEHICLE IN THE DOWNHILL DIRECTION

**Patent number:** DE10039458  
**Publication date:** 2001-07-26  
**Inventor:** BAITER ULRICH (DE); FUEHRER JOCHEN (DE)  
**Applicant:** CONTINENTAL TEVES AG & CO OHG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B60T8/00; B60T8/24; B60T8/58; B60K41/20  
- **european:** B60T7/12, B60T8/24  
**Application number:** DE20001039458 20000812  
**Priority number(s):** DE20001039458 20000812; DE19991039877 19990824

**Also published as:**

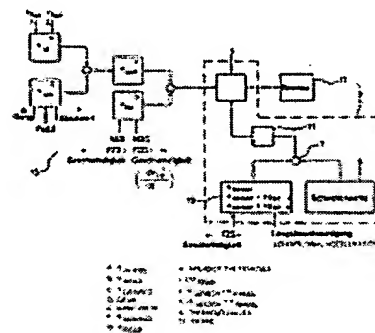


WO0114186 (A1)

EP1212222 (A1)

Abstract not available for DE10039458  
Abstract of correspondent: **WO0114186**

The invention relates to a method for supporting an HDC (HDC= hill decent control) during starting and/or driving a vehicle in the downhill direction. The HDC maintains or limits the vehicle speed during downhill driving by influencing the service brake. The aim of the invention is to improve the control, especially during starting. The invention is characterised by the following steps: detecting at least one external variable which drives the vehicle, comparing the driving variable with at least one predetermined threshold value and/or the changes thereof and influencing the service brake according to the comparison result before or after the HDC was initiated.



Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 100 39 458 A 1

51 Int. Cl. 7:  
B 60 T 8/00  
B 60 T 8/24  
B 60 T 8/58  
B 60 K 41/20

21 Aktenzeichen: 100 39 458.2  
22 Anmeldetag: 12. 8. 2000  
43 Offenlegungstag: 26. 7. 2001

DE 100 39 458 A 1

65 Innere Priorität:  
199 39 877. 1 24. 08. 1999

71 Anmelder:  
Continental Teves AG & Co. oHG, 60488 Frankfurt,  
DE

72 Erfinder:  
Führer, Jochen, 64287 Darmstadt, DE; Baiter, Ulrich,  
60489 Frankfurt, DE

55 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

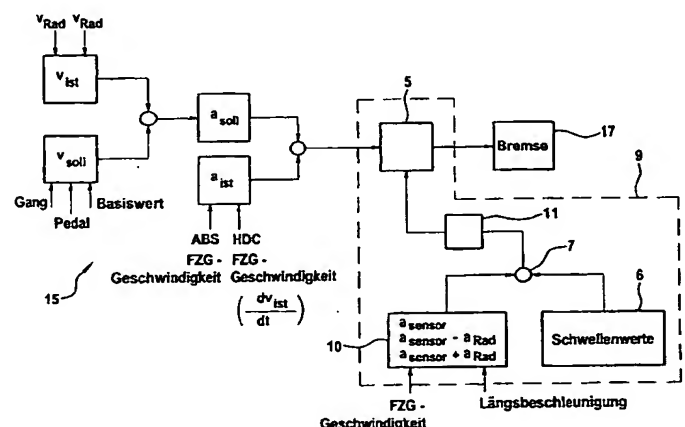
DE 198 35 937 A1  
DE 198 17 212 A1  
DE 39 33 652 A1  
DE 37 36 807 A1  
WO 96 11 826 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Verfahren und Vorrichtung zum Unterstützen einer HDC-Regelung während des Anfahrens und/oder Fahrens eines Fahrzeugs bergabwärts

57 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Unterstützen einer HDC-Regelung (HDC = Hill Decent Control) während des Anfahrens und/oder Fahrens eines Fahrzeugs bergabwärts, welche die Fahrzeuggeschwindigkeit bei einer Bergfahrt durch Beeinflussung der Betriebsbremse konstant hält oder begrenzt.

Um die Regelung insbesondere beim Anfahren zu verbessern, ist die Erfindung durch folgende Schritte gekennzeichnet: Ermitteln mindestens einer externen, das Fahrzeug antreibenden Größe, Vergleichen der antreibenden Größe mit mindestens einem vorgegebenen Schwellenwert und/oder dessen Veränderung und Beeinflussung der Betriebsbremse in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis vor oder nach Eintritt in die HDC-Regelung (Fig. 1).



DE 100 39 458 A 1

Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Unterstützen einer HDC-Regelung (HDC = Hill Descent Control) während des Anfahrens und/oder Fahrens eines Fahrzeugs bergabwärts welche die Fahrzeuggeschwindigkeit bei einer Bergfahrt durch Beeinflussung der Betriebsbremse konstant hält oder begrenzt.

Beim Anfahren eines Fahrzeugs am Berg ändern sich die Motorbetriebsbedingungen unter anderem dahingehend, dass der Motor übergeht vom Leerlaufverhalten (unbelasteter Lauf) hin zum Normalbetrieb (belasteter Lauf), indem der Motor das Fahrzeug antreibt, so dass die Motorausgangsleistung größtenteils und insbesondere definiert zum Antreiben des Fahrzeugs verwendet wird. Wenn das Fahrzeug bergabwärts fährt, ist die Geschwindigkeit von der Stellung des Gaspedals, dem eingelegten Gang, dem Motorschleppmoment und dem Gefälle (Fahrbahnneigung) abhängig. Bei steilen Gefällestrecken ist das Motorschleppmoment oftmals nicht ausreichend, um eine kontrollierte Abfahrt zu gestatten. Es sind daher bereits Einrichtungen bekannt, durch welche das Fahrzeug auf einer Gefällestrecke durch ein automatisches Betätigen der Bremsen auf einer konstanten, vom Fahrer gewünschten Geschwindigkeit gehalten werden können. Derartige Fahrzeuge sind in der Regel mit einem Antiblockiersystem (ABS) sowie mit einer Antriebsschlupfregelung (ASR) ausgerüstet. Die dadurch bereits vorhandenen Baugruppen wie Elektronik, Raddrehzahlsensoren, Längsbeschleunigungssensoren, Magnetregelventile, Motor-Pumpen-Aggregate usw. werden mitbenutzt, um die o. g. Geschwindigkeitsregelung durchzuführen. Durch die bekannten Baugruppen wird der Fahrer auf Gefällestrecken davon entlastet, ständig das Bremspedal betätigen zu müssen. Dabei wird auch bei unterschiedlichen Fahrbahnneigungen eine gleichmäßige Geschwindigkeit eingehalten.

Aus der WO 96/11826 A1 ist es bekannt, ein Fahrzeug mit einer sogenannten Berg-Abfahrts-Regelung auszustatten (auch bezeichnet als HDC = Hill Descent Control). Diese Regelungsart kann vom Fahrer durch einen Schalter eingeschaltet werden. Die o. g. Regelung ist in der Lage, durch eine aktive, fahrerunabhängig geregelte Bremsung das Fahrzeug auf einer steilen Gefällestrecke auf einer konstanten, niedrigen Geschwindigkeit zu halten, ohne dass der Fahrer die Bremsen zu betätigen braucht. Dieses System ist besonders für Geländefahrzeuge vorgesehen, die auf einem Gefälle fahren, bei dem das Motorschleppmoment auch im niedrigsten Gang nicht mehr ausreicht um das Fahrzeug zu verzögern.

Die Regelparameter des vorstehend beschriebenen HDC-Reglers müssen dabei in verschiedenen Fahrsituationen und bei verschiedenen steilen Fahrbahnneigungen eine komfortable HDC-Regelung ermöglichen. Sie stellen daher einen Kompromiß an die verschiedenen Fahrsituationen und Steigungswinkel der Gefällestrecken dar. Beim Anfahren auf einer sehr steilen Gefällestrecke kommt es daher zu einem großen Überspringen über die Sollgeschwindigkeit und zu großen Fahrzeugbeschleunigungen bis zum Erreichen der HDC-geregelten Sollgeschwindigkeit. Dies ist vor allem dann der Fall, wenn die Bremse abrupt gelöst wird und der Fahrer das Fahrzeug so dem HDC-Regler überläßt. Eine hohe Fahrzeugbeschleunigung auf einer steilen Gefällestrecke vermittelt dem Fahrer ein sehr unsicheres Gefühl und wenig Vertrauen in den HDC-Regler. Hinzu kommt, dass die Raddrehzahlsensoren erst ab einer gewissen Mindestgeschwindigkeit ein Signal abgeben und sich die aus diesem Signal abgeleiteten HDC-Regelgrößen Geschwindigkeit und Beschleunigung des Fahrzeugs erst einschwingen müssen.

Neben den oben geschilderten Problemen bezüglich des Anfahrens bergabwärts, ergeben sich aufgrund der nicht an die spezielle Fahrsituation bzw. die spezielle Fahrbahnneigung angepaßten Regelparameter des HDC-Reglers ähnliche Überschwingszustände über die Sollgeschwindigkeit und große Fahrzeugbeschleunigungen bis zum Regelbeginn des HDC-Reglers auch bei plötzlichen Gefälleänderungen, etwa weil das Fahrzeug über eine Kuppe rollt.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mittels denen ein Fahrzeug mit HDC-Regelung beim Anfahren und Fahren bergabwärts komfortabler geregelt werden kann.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen der unabhängigen Ansprüche gelöst. Abhängige Ansprüche sind auf bevorzugte Ausführungsformen der Erfindung gerichtet.

Erfindungsgemäß sieht das gattungsgemäße Verfahren vor, mindestens eine externe, das Fahrzeug antreibende Größe zu ermitteln, diese, das Fahrzeug antreibende Größe und/oder deren Veränderung, mit mindestens einem vorgegebenen Schwellenwert zu vergleichen und in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis die Betriebsbremse vor oder nach dem Eintritt in die HDC-Regelung zu beeinflussen.

Hierdurch ist eine gezielte Verringerung der Fahrzeuggeschwindigkeit beim Anfahren bergabwärts oder beim Wechsel der Fahrbahnneigung (Steigung/Gefälle) vor oder nach Regelungseintritt des HDC-Reglers möglich. Dadurch wird in Abhängigkeit von bestimmten Größen bereits vor oder während dem Anfahren bzw. Anrollen ein Bremsdruck in den Betriebsbremsen aufgebaut, der im Teilbremsbereich dafür sorgt, dass die Beschleunigung und die Geschwindigkeit des Fahrzeugs reduziert wird, wenn die Bremse abrupt gelöst wird und der Fahrer das Fahrzeug so dem HDC-Regler überläßt. Eine verringerte Fahrzeugbeschleunigung und -geschwindigkeit bei einer steilen Fahrbahnneigung vermittelt dem Fahrer ein sehr sicheres Gefühl und Vertrauen in den HDC-Regler. Hinzu kommt, dass sich die Sollgeschwindigkeit des HDC-Reglers ohne größeres Überspringen einstellt.

Gegenstand der Erfindung ist ferner, eine gattungsgemäße Vorrichtung so auszugestalten, dass eine Ermittlungseinheit eine externe, das Fahrzeug antreibende Größe ermittelt, dass eine Vergleichseinheit die antreibende Größe und/oder deren Veränderung, mit mindestens einem vorgegebenen Schwellenwert vergleicht und dass eine Einheit die Betriebsbremse in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis beeinflusst.

Als externe Größe wird die Erdbeschleunigungskomponente in Fahrzeuginnenrichtung im Stillstand des Fahrzeugs mittels eines Längsbeschleunigungssensors  $a_{\text{Sensor}}$  erfaßt. Dabei gelten in erster Näherung die in Fig. 4 schematisch dargestellten Gesetzmäßigkeiten. Die Gewichtskraft  $F_G$  des Fahrzeugs kann in eine Normalkomponente  $F_N$  und eine Tangentialkomponente  $F_T$  am Reifen eines Einradmodells zerlegt werden.  $F_T$  wird zusammen mit dem Reifenradius  $r_R$  zu einem Hangabtriebsmoment  $M_H$  gemäß der Formel  $M_H = F_G \cdot \sin \alpha \cdot r_R$ .

Hierbei ist  $\alpha$  der Winkel der Fahrbahnneigung. Das Hangabtriebsmoment würde ohne weitere Einflußmaßnahmen dazu führen, dass das Fahrzeug bergab rollt. Ihm entgegen wirken das haltende Bremsmoment und das beim Anfahren zusätzlich eingebrachte Motorschleppmoment  $M_S$ . Die erfindungsgemäß vorgesehene Vorrichtung zum Unterstützen ei-

ner HDC-Regelung am Berg kann beispielsweise das Bremsmoment beeinflussen. Bereits im Stillstand des Fahrzeugs erfasst der vorgesehene Längsbeschleunigungssensor  $a_{\text{Sensor}}$  die Erdbeschleunigungskomponente in Fahrzeuglängsrichtung, die ein direktes Maß für die geschätzte Fahrbahnneigung

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}}}{g} \quad 5$$

ist. Beim Anfahren, das heißt, wenn das Fahrzeug nach dem Lösen der Bremse aus dem Stillstand ohne ein zusätzliches Motormoment auf Grund des Hangabtriebsmoments beschleunigt, wird die von dem Längsbeschleunigungssensor erfasste Erdbeschleunigungskomponente in Fahrzeuglängsrichtung jedoch von der Fahrzeuglängsbeschleunigung verfälscht. Da noch keine gesicherten Radsignale der Radsensoren vorliegen, wird daher der Stillstandwert beibehalten, bis eine gewisse Mindestgeschwindigkeit erreicht ist. Mit dem Erreichen dieser Mindestgeschwindigkeit wird die Fahrbahnneigung aus den Signalen des Längsbeschleunigungssensors und mindestens eines Radsensors nach

$$a_{\text{Rad}} = \frac{dv}{dt} \quad \text{oder} \quad a_{\text{Rad}} = \frac{d\omega}{dt} * r \quad 15$$

mit  $v$  = Raddrehzahl,  $\omega$  = Winkelgeschwindigkeit,  $r$  = Radradius, bestimmt.

Aus den ermittelten Beschleunigungswerten  $a_{\text{Sensor}}$  und  $a_{\text{Rad}}$  wird nach vorzeichenrichtiger Summation die externe Größe als Anteil der Erdbeschleunigung in Fahrzeuglängsrichtung wie folgt bestimmt:

$a_{\text{Sensor}}$  = gemessener Anteil der Erdbeschleunigung bei Fahrzeugstillstand bzw. nahezu Fahrzeugstillstand

$a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}}$  = ermittelter Anteil der Erdbeschleunigung in Vorwärtsfahrt (eingelegter 1ter Gang)

$a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}}$  = ermittelter Anteil der Erdbeschleunigung in Rückwärtsfahrt (eingelegter Rückwärtsgang)

Die Erdbeschleunigungskomponente oder davon abgeleitete Größen, können einzeln oder in Kombination zur Schätzung oder Ermittlung der externen Größe nach den Beziehungen

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}}}{g} \quad 25$$

bei nahezu Fahrzeugstillstand

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}}}{g} \quad 30$$

bei Rückwärtsfahrt

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}}}{g} \quad 35$$

bei Vorwärtsfahrt

herangezogen werden. Externe Größen sind das Gefälle bzw. die Fahrzeug- oder Fahrbahnneigung, der Hangabtrieb, das Hangabtriebsmoments oder die Hangabtriebskraft und dergleichen.

Zum Regeln der Fahrzeuggeschwindigkeit ist es zweckmäßig, die im Stillstand des Fahrzeugs ermittelte Fahrbahnneigung

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}}}{g} \quad 45$$

beim Anfahren bzw. Anrollen des Fahrzeugs in Fahrzeuglängsrichtung bis zu einer Fahrzeuggeschwindigkeit, bei der verwertbare Radsignale vorliegen, vorzugsweise einer Fahrzeuggeschwindigkeit bis zu maximal 3 km/h, festzuhalten. Das Anfahren oder Anrollen wird dadurch erkannt, dass aus den gefilterten und ungefilterten Signalen des Längsbeschleunigungssensors die Differenz gebildet und nach den folgenden Beziehungen fahrtrichtungsabhängig mit Schwellenwerten verglichen wird:

$$a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \geq S_{\text{aDifferenz/R}} \quad (\text{Rückwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} > 0) \quad 55$$

$$a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \leq -S_{\text{aDifferenz/V}} \quad (\text{Vorwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} < 0)$$

mit  $S_{\text{aDifferenz/R/V}}$  = Schwellenwert,  $a_{\text{SensorFilter}}$  = tiefpassgefilterte Beschleunigung des Fahrzeugs,  $a_{\text{Sensor}}$  = gemessene Beschleunigung des Fahrzeugs (Signal des Längsbeschleunigungssensors). Ist bei einem ersten Auslösezeitpunkt, das Vergleichsergebnis

$$\sin \alpha \geq S_{1/R} \quad (\text{Rückwärtsfahrt}) \quad \text{oder}$$

$$\sin \alpha \leq -S_{1/V} \quad (\text{Vorwärtsfahrt}) \quad 65$$

mit  $S_{1/R/V}$  erster Schwellenwert der Fahrbahnneigung,  $\sin \alpha$  = geschätzte Fahrbahnneigung, das heißt, ist die auf der Basis der gemessenen Erdbeschleunigung geschätzte Fahrbahnneigung größer als ein erster vorgegebener Schwellenwert und

ist

$$a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \geq S_{\text{aDifferenz/R}} \quad (\text{Rückwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} > 0)$$

$$5 \quad a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \leq -S_{\text{aDifferenz/V}} \quad (\text{Vorwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} < 0)$$

das heißt, ist die Differenz aus der tiefpassgefilterten und der ungefilterten Beschleunigung bei einer Fahrt rückwärts größer bzw. bei einer Fahrt vorwärts kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert, wird die Betriebsbremse mit einem Bremsfluid vorbefüllt oder ein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid eingestellt oder modifiziert. Die Betriebsbremse wird auf mindestens einen konstanten Bremsdruck, vorzugsweise zwischen 1 und 6 bar, mit dem Bremsfluid vorbefüllt oder, falls der Fahrer zum Zeitpunkt des Anfahrens oder Anrollens noch die Betriebsbremse betätigt, ein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid auf den konstanten Bremsdruck eingestellt. Der konstante Bremsdruck wird vorzugsweise in Abhängigkeit von einem Bremsenbetätigungssignal so variiert, dass bei einer Bremsenbetätigung der Bremsdruck geringer ist als ohne Bremsenbetätigung. Betätigt der Fahrer noch die Betriebsbremse, werden nur die Trennventile geschlossen, um einen weiteren Bremsdruckabbau durch das Lösen der Bremse zu verhindern. Das in der Betriebsbremse vorhandene Bremsfluid wird unmittelbar danach auf den konstanten Bremsdruck eingestellt.

Nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung, wird die Betriebsbremse mit einem variablen Bremsdruck, vorzugsweise in Abhängigkeit von der Fahrbahneigung, dem Rollwiderstand und/oder einem in die Betriebsbremse eingesteuerten Bremsdruck, mit einem Bremsfluid vorbefüllt oder ein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid, auf den variablen Bremsdruck eingestellt.

Bei einem sehr langsamen Anfahr- oder Anrollvorgang, bei dem der Fahrer die Bremse nur sehr langsam löst, wird die Differenz des gefilterten und ungefilterten Signals den Schwellenwert nicht erreichen. Eine Bremsdruckvorsteuerung ist in diesem Fall nicht erwünscht und wird auch nicht eingeleitet.

An dem ersten Auslösezeitpunkt wird ein Zähler oder Zeitglied gestartet. Wenn der Zählerstand einen bestimmten Wert erreicht hat bzw. nach einer vorgegebenen Zeit, wird ermittelt, ob der Eintritt in die HDC-Regelung erfolgt ist. Ist der Eintritt in die HDC-Regelung noch nicht erfolgt und/oder ist eine geringe Fahrzeuggeschwindigkeit, vorzugsweise eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{\text{Fahrzeug}}$  zwischen 1 km/h und 3 km/h, noch nicht erreicht, erfolgt ein Abbau des Bremsdrucks.

Bei hohem Rollwiderstand, etwa durch Schnee oder Schlamm auf der Fahrbahn, kann sich der konstant vorgegebene Bremsdruck als zu hoch erweisen. Das Fahrzeug wird nur kurz anrucken und dann wieder stehen bleiben. Durch das vorgesehene langsame reduzieren des Bremsdrucks rollt das Fahrzeug sicher an.

Zur weiteren Verbesserung des Verfahrens nach der Erfindung, wird bei einem zweiten Auslösezeitpunkt, bei dem das Vergleichsergebnis von

$$35 \quad \sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}}}{g} \geq S_{2/R}$$

bei Rückwärtsfahrt

$$40 \quad \sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}}}{g} \leq -S_{2/V}$$

bei Vorwärtsfahrt

mit  $S_{2/R/V}$  = zweiter Schwellenwert der Fahrbahneigung bei Vorwärts- bzw. Rückwärtsfahrt,  $\sin \alpha$  = geschätzte Fahrbahneigung, ist, und bei dem eine geringe Fahrzeuggeschwindigkeit, vorzugsweise eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{\text{Fahrzeug}}$  zwischen 1 km/h und 3 km/h, erreicht ist bzw. bei dem verwertbare Radsignale vorliegen, in der Betriebsbremse ein Bremsdruckaufbau auf mindestens einen Bremsdruckwert durchgeführt. Der Bremsdruckwert wird in Abhängigkeit von einem Bremsenbetätigungssignal und/oder der Fahrbahneigung eingestellt. Der Wert des zweiten Schwellenwertes  $S_{2/R/V}$  (der Fahrbahneigung) liegt unter dem Schwellenwert  $S_{1/R/V}$  für das Vergleichsergebnis an dem ersten Auslösezeitpunkt, da bei geringerer Fahrbahneigung es ausreicht, wenn erst bei einer geringen Fahrzeuggeschwindigkeit, z. B. bei 2 km/h, Bremsdruck in die Radbremse eingesteuert wird. Der eingestellte Bremsdruck am zweiten Auslösezeitpunkt wird erhöht, falls am ersten Auslösezeitpunkt die Betriebsbremse mit einem Bremsfluid vorbefüllt oder ein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid eingestellt bzw. modifiziert wurde oder es wird am zweiten Auslösezeitpunkt erstmalig ein Bremsdruck eingestellt, falls am ersten Auslösezeitpunkt die Betriebsbremse nicht mit einem Bremsfluid vorbefüllt oder kein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid modifiziert wurde.

Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung, wird der Bremsdruckwert in Abhängigkeit von der Fahrbahneigung kontinuierlich verändert.

An dem zweiten Auslösezeitpunkt wird ein Zähler oder Zeitglied gestartet. Erreicht der Zählerstand einen bestimmten Wert bzw. ist eine bestimmte Zeit vergangen und der Eintritt in die HDC-Regelung noch nicht erfolgt, erfolgt ein Abbau des Bremsdrucks.

Erreicht der HDC-Regler seine Eintrittsschwelle bevor der Wert des Zählers erreicht ist, kann er vor Ablauf der Zeit den Bremsdruck weiter erhöhen.

Nach einer weiteren Ausführungsvariante des Verfahrens wird beim Lösen des Bremspedals der Bremsdruck mittels eines Drucksensors erfaßt und mit einem in Abhängigkeit von der Fahrzeugneigung berechneten Übernahmepressur korreliert. Erreicht der Bremsdruck beim Betätigen (Lösen) des Bremspedals diesen Übernahmepressur, so werden die bekannten Trennventile einer Bremsanlage geschlossen und der HDC-Regler übernimmt die Regelung.

Die Erfindung sieht weiterhin eine Gefällekomensation vor, in der zu den normalen Druckaufbauten in der Betriebsbremse durch den HDC-Regler Druckerhöhungen addiert werden. Dabei wird bei einem Vergleichsergebnis von

$\sin\alpha = (a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}})/g \leq S_{3/V}$  (negativer Zahlenwert) oder

$\sin\alpha = (a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}})/g \geq S_{3/R}$  (positiver Zahlenwert)

mit  $S_{3/V/R}$  = erster Schwellenwert der Fahrbahnneigung bei Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt,  $a_{\text{Sensor}}$  = Längsbeschleunigung des Fahrzeugs bei  $V_{\text{Fahrzeug}} \geq 1$  km/h,  $a_{\text{Rad}}$  = Radbeschleunigung,  $\sin\alpha$  = geschätzte Fahrbahnneigung (Sinus des Steigungswinkels  $\alpha$ ),  $g$  = Erdbeschleunigung, zu dem vom der HDC-Regelung ermittelten Bremsdruck des Bremsfluids ein von der Fahrbahnneigung abhängiger Kompensationsbremsdruck addiert. Bei  $\sin\alpha > 0$  erfolgt eine Fahrt bergauf in Fahrzeugglängsrichtung (relevant für eine Rückwärtsfahrt), bei  $\sin\alpha < 0$  erfolgt eine Fahrt bergab in Fahrzeugglängsrichtung (relevant für eine Vorwärtsfahrt). Zweckmäßiger Weise wird der Kompensationsbremsdruck in Abhängigkeit von einem zur Kompensation des Hangabtriebs bestimmten Grenzbremsdruck zu dem HDC-Bremsdruck addiert, bis die Summe aus dem HDC-Bremsdruck und dem Kompensationsbremsdruck den zur Kompensation des Hangabtriebs bestimmten Grenzbremsdruck erreicht. Darüber hinaus wird der Kompensationsbremsdruck auch nach Maßgabe der Istbeschleunigung so lange zu dem HDC-Bremsdruck addiert, bis eine Abnahme der Istbeschleunigung des Fahrzeugs ermittelt wird. Der Grenzbremsdruck wird nach den folgenden Beziehungen ermittelt:

$P_{\text{compV}} = \sin\alpha \cdot K_{V/I}$  ( $K < 0$ ) vorwärts oder

$P_{\text{compR}} = \sin\alpha \cdot K_{R/I}$  ( $K > 0$ ) rückwärts

mit  $P_{\text{compV}}$  = Grenzbremsdruck bei Vorwärtsfahrt,  $P_{\text{compR}}$  = Grenzbremsdruck bei Rückwärtsfahrt,  $\sin\alpha$  = Fahrbahnneigung,  $K_{V/R/I}$  = Bremsdruckkonstante. Der Wert der Bremsdruckkonstanten  $K_{1/V/R}$ , z. B. 100 bar, wird erhöht, wenn ein vierter Schwellenwert der Fahrbahnneigung  $S_{V/R/4}$ , der eine bis zu dem Faktor 5 größere Fahrbahnneigung wiedergibt, überschritten ist.

Die Grösse der Schwellenwerte  $S_{V/R}$  wird nach Maßgabe der Fahrtrichtung "VORWÄRTS" oder "RÜCKWÄRTS" bestimmt. Die Differenz zwischen dem aktuellen Bremsdruck des HDC-Reglers und dem von der Gefällekompensation 14 ermittelten Kompensationsbremsdruck wird in jeder Druckstufe anteilmäßig durch Druckerhöhung kompensiert. Der Kompensationsbremsdruck wird nach der folgenden Beziehung ermittelt:

$P_{\text{addcomp}} = K_2 \cdot (P_{\text{comp}} - P_{\text{sollold}})$  mit  $P_{\text{addcomp}}$  = Kompensationsbremsdruck,  $K_2$  = Anteilsfaktor des Grenzbremsdrucks  $P_{\text{comp}}$ ,  $P_{\text{sollold}}$  = HDC-Bremsdruck vor der aktuellen Druckerhöhung  $P_{\text{soll}}$ .

Wesentlich für die Kompensationsbremsdruckberechnung ist dabei der Wert  $P_{\text{sollold}}$  vor der aktuellen Druckerhöhung  $P_{\text{soll}}$ . Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die von dem HDC-Regler ermittelte Druckerhöhung mindestens verdoppelt ( $2 \cdot (P_{\text{soll}} - P_{\text{sollold}})$ ).

Die Erhöhung des von der HDC-Regelung vor der aktuellen Druckerhöhung ermittelten Bremsdruckes  $P_{\text{sollold}}$  um einen Kompensationsbremsdruck nach Maßgabe der Fahrbahnneigung erfolgt daher nach der folgenden Beziehung:

$P_{\text{addcomp}} = \text{MAX}[(0; K_2 \cdot (P_{\text{comp}} - P_{\text{sollold}})); 2 \cdot (P_{\text{soll}} - P_{\text{sollold}})]$

Bei starker Zunahme der Fahrbahnneigung nach den Beziehungen

$d(\sin\alpha)/dt \geq S_{5R}$  ( $S > 0$ ) bei Rückwärtsfahrt

$d(\sin\alpha)/dt \leq S_{5V}$  ( $S < 0$ ) bei Vorwärtsfahrt

und einem Überschreiten der Sollgeschwindigkeit der HDC-Regelung nach der Beziehung  $v_{\text{Ist}} \geq v_{\text{Soll}} - K_v$  mit  $v_{\text{Ist}}$  = Istgeschwindigkeit,  $v_{\text{Soll}}$  = Sollgeschwindigkeit,  $K_v$  = Geschwindigkeitskonstante, wird der Kompensationsbremsdruck  $P_{\text{addcomp}}$  zu dem vom HDC-Regler ermittelten Bremsdruck addiert oder die Bremsdruckanforderung des HDC-Reglers erhöht, z. B. doppelte Verstärkung des Beschleunigungsreglers. Abgeschaltet wird die Kompensation, sobald die Fahrzeugbeschleunigung negativ wird, d. h. die Istgeschwindigkeit sich wieder an die Sollgeschwindigkeit annähert.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist in der Zeichnung dargestellt und wird im folgenden näher beschrieben:

Es zeigen

**Fig. 1** schematisch ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Unterstützen einer HDC-Regelung

**Fig. 2** schematisch ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Unterstützen einer HDC-Regelung vor oder nach Regelungseintritt

**Fig. 3** schematisch ein Blockschaltbild einer Vorrichtung zum Unterstützen einer HDC-Regelung vor Regelungseintritt beim Anfahren oder Anrollen

**Fig. 4** schematisch geltende physikalische Zusammenhänge in einer beispielhaften Anwendung

**Fig. 1** zeigt schematisch ein Blockschaltbild einer Vorrichtung 9 zum Unterstützen einer HDC-Regelung während des Anfahrens oder Fahrens eines Fahrzeugs bergabwärts. Der HDC-Regler 15, wie er in der WO 96/11862 beschrieben ist und auf die voll umfänglich verwiesen wird, hält die Fahrzeuggeschwindigkeit bei einer Bergfahrt durch Beeinflussung der Betriebsbremse 17 konstant. Die HDC-Regelung ist als Kaskade aus Geschwindigkeits- und Beschleunigungsregler aufgebaut. Der überlagerte Regelkreis ist der Geschwindigkeitsregler. Die Fahrzeugsollgeschwindigkeit  $v_{\text{Soll}}$  errechnet sich aus einer gang- und geländeabhängigen Basisgeschwindigkeit und einem fahrerpedalabhängigen Anteil. Als Fahrzeugistgeschwindigkeit  $v_{\text{Ist}}$  wird antriebsabhängig das schnellste oder langsamste Rad betrachtet. Ausgangsgrösse der Geschwindigkeitsregelung ist die Sollbeschleunigung  $a_{\text{Soll}}$ . Die Istbeschleunigung  $a_{\text{Ist}}$  wird aus der ABS-Fahrzeugbeschleunigung oder, bei erkanntem Radschlupf, aus der Änderung der HDC-Fahrzeugistgeschwindigkeit  $dv_{\text{Ist}}/dt$  ermittelt. Über die Ansteuerung der Trenn- und Schaltventile einer bekannten Bremsanlage erfolgt die Beeinflussung des Brems-

drucks. Solange eine Druckanforderung vorliegt, läuft die Pumpe getaktet. Die Vorrichtung 9 weist eine Ermittlungseinheit 10 zum Ermitteln der Fahrbahnneigung (Gefälleberechnung) auf, der als Eingangsgrößen die Signale eines Längsbeschleunigungssensors und die Fahrzeuggeschwindigkeit zur Verfügung gestellt werden. Die Fahrzeuggeschwindigkeit wird dabei bevorzugt über das Radverhalten abtastende Sensoren (Raddrehzahlsensoren) in einem ABS-Regler oder von dem HDC-Regler 15 nach der Beziehung  $dv_{ist}/dt$  aus den Radsignalen berechnet. Die Ermittlungseinheit 10 bestimmt die Fahrbahnneigung (Gefälle) bis zum Vorliegen verwertbarer Radsignale mindestens eines Radsensors aus dem Signal  $a_{Sensor}$  des Längsbeschleunigungssensors (G-Sensor), beim Vorliegen von Radsignalen, aus den Signalen des Längsbeschleunigungssensors und der Fahrzeuggeschwindigkeit nach Maßgabe der Signale des Radsensors. Eine vorzeichenrichtige Summation der ermittelten Beschleunigungswerte von  $a_{Sensor} - a_{Rad}$  oder  $a_{Sensor} + a_{Rad}$  dient der Bestimmung der Fahrbahnneigung bei einer Fahrzeuggeschwindigkeit, bei der die verwertbaren Radsignale vorliegen. In einer Vergleichseinheit 7 wird die geschätzte Fahrbahnneigung  $\sin\alpha$  mit vorgegebenen Schwellenwerten 6 verglichen. Beim Erreichen oder Überschreiten der Schwellenwerte schaltet eine Ein- und Ausschaltlogik 11 eine Beeinflussungseinheit 5 aktiv oder inaktiv, die den Druckauf- oder -abbau in der Betriebsbremse 17 steuert oder modifiziert. Die Beeinflussungseinheit 5 kann Bestandteil des HDC-Reglers 15 sein oder als separate Druckvorsteuerung 13 und/oder Gefällekompensation 14 ausgebildet sein.

Fig. 2 zeigt in schematischer Darstellung eine detailliertere Vorrichtung 9, die den HDC-Regler 15 vor und nach Eintritt in die Regelungsphase unterstützt. Die der HDC-Regelung vorgeschaltete HDC-Anfahrhilfe weist die Ermittlungseinheit 10 zur Ermittlung der Fahrbahnneigung aus den Eingangsgrößen Längsbeschleunigung und/oder Fahrzeuggeschwindigkeit auf. Die geschätzte Fahrbahnneigung (Gefälle) wird zusammen mit einer Bremsbetätigungserkennung 12 in der Ein-/Ausschaltlogik 11 bewertet. Dabei wird die Fahrbahnneigung  $\sin\alpha$  mit mindestens einem Schwellenwert verglichen und die Vorrichtung 14 aktiviert, wenn im Fahrzeugstillstand (unter Fahrzeugstillstand wird hier ein Fahrzeugzustand bis zu einem von den Radsensoren sensierten Fahrzeuggeschwindigkeit  $\leq 1$  km/h verstanden)  $\sin\alpha \geq S_{1/R}$  bei Rückwärtsfahrt oder  $\sin\alpha \leq -S_{1/V}$  bei Vorwärtsfahrt ist. Der Regelungseintritt des HDC-Reglers 15 ist zu diesem Zeitpunkt noch nicht erfolgt. Eine Aktivierung der Druckvorsteuerung 13 und/oder der Gefällekompensation 14 kann auch erfolgen, wenn bei Eintritt in die HDC-Regelung die geschätzte Fahrbahnneigung mindestens einen Schwellenwert erreicht oder überschreitet oder wenn sich während der HDC-Regelung die geschätzte Fahrbahnneigung sehr schnell ändert (z. B.  $d(\sin\alpha)/dt \geq S_{6/R}$  (z. B. 0,27 1/s. (Rückwärtsfahrt) oder  $d(\sin\alpha)/dt \leq -S_{6/V}$  (z. B. -0,27 1/s (Vorwärtsfahrt)) und der Schwellenwert  $S_{SR/V}$  erreicht oder überschritten wird.

Die aktivierte Druckvorsteuerung 13 berechnet Bremsdrucksollwerte nach der folgenden Regelphilosophie. Fig. 3 zeigt hierzu die Druckvorsteuerung 13 in schematischer Darstellung.

In der Druckvorsteuerung 13 wird die Fahrbahnneigung  $\sin\alpha$  fahrtrichtungsabhängig (z. B. über den eingelegten Gang) mit jeweils mindestens einem Schwellenwert nach der Beziehung  $\sin\alpha \geq S_{1/R}$  oder  $\sin\alpha \leq -S_{1/V}$  verglichen und ein erstes Vergleichsergebnis nach Maßgabe der Fahrbahnneigung ermittelt. Beim Anfahren bzw. Anrollen des Fahrzeugs in Fahrzeuginnenrichtung wird bis zum Vorliegen von verwertbaren Radsignalen (bis einer Fahrzeuggeschwindigkeit von maximal 3 km/h) der Wert des Längsbeschleunigungssignals beibehalten. Das Anfahren oder Anrollen wird dadurch erkannt, dass aus den gefilterten und ungefilterten Signalen des Längsbeschleunigungssensors die Differenz gebildet und nach den folgenden Beziehungen fahrtrichtungsabhängig mit Schwellenwerten verglichen wird:

$$a_{SensorFilter} - a_{Sensor} \geq S_{aDifferenz/R} \text{ (Rückwärtsfahrt, } a_{SensorFilter} > 0)$$

$$a_{SensorFilter} - a_{Sensor} \leq S_{aDifferenz/V} \text{ (Vorwärtsfahrt, } a_{SensorFilter} < 0)$$

mit  $S_{aDifferenz/R/V}$  = Schwellenwert,  $a_{SensorFilter}$  = tiefpassgefilterte Beschleunigung des Fahrzeugs,  $a_{Sensor}$  = gemessene Beschleunigung des Fahrzeugs (Signal des Längsbeschleunigungssensors). Sind bei einem ersten Auslösezeitpunkt die Vergleichsergebnisse

$$\sin\alpha \geq S_{1/R} \text{ (Rückwärtsfahrt) oder}$$

$$\sin\alpha \leq -S_{1/V} \text{ (Vorwärtsfahrt)}$$

mit  $S_{1/R/V}$  = erster Schwellenwert der Fahrbahnneigung,  $\sin\alpha$  = geschätzte Fahrbahnneigung, das heißt, ist die auf der Basis der gemessenen Erdbeschleunigungskomponente geschätzte Fahrbahnneigung größer als ein erster vorgegebener Schwellenwert und ist

$$a_{SensorFilter} - a_{Sensor} \geq S_{aDifferenz/R} \text{ (Rückwärtsfahrt, } a_{SensorFilter} > 0)$$

$$a_{SensorFilter} - a_{Sensor} \leq S_{aDifferenz/V} \text{ (Vorwärtsfahrt, } a_{SensorFilter} < 0)$$

das heißt, ist die Differenz aus der tiefpassgefilterten und der ungefilterten Beschleunigung bei einer Fahrt rückwärts größer bzw. bei einer Fahrt vorwärts kleiner als ein vorgegebener Schwellenwert, liefert die Drucksteuerung 21 Bremsdruckwerte für die Radbremsen 17 nach Maßgabe eines Bremspedalbetätigungssignales 22. Die Drücke in der Betriebsbremse 17 werden durch die Schalt- und Trennventile einer bekannten Bremsanlage gesteuert. Dabei wird die Betriebsbremse auf mindestens einen konstanten Bremsdruck, vorzugsweise zwischen 1 und 6 bar, mit dem Bremsfluid vorbelegt. Der Bremsdruck beträgt bei einer Betätigung der Betriebsbremse 17 zwischen 20 und 70% des Bremsdruckwertes ohne Betätigung der Betriebsbremse.

An dem ersten Auslösezeitpunkt, an dem die Vergleichsergebnisse  $\sin\alpha \geq S_{1/R}$  (Rückwärtsfahrt) oder  $\sin\alpha \leq -S_{1/V}$  (Vorwärtsfahrt) und  $a_{SensorFilter} - a_{Sensor} \geq S_{aDifferenz/R}$  (Rückwärtsfahrt,  $a_{SensorFilter} > 0$ ) bzw.  $a_{SensorFilter} - a_{Sensor} \leq S_{aDifferenz/V}$  (Vorwärtsfahrt,  $a_{SensorFilter} < 0$ ) sind, wird ein Zähler gestartet bzw. Zeitglied ausgelöst, und wenn der Zählerstand



einen bestimmten Wert erreicht hat bzw. wenn eine bestimmte Zeitdauer vergangen ist und der Eintritt in die HDC-Regelung noch nicht erfolgt ist und/oder eine geringe Fahrzeuggeschwindigkeit, vorzugsweise eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{\text{Fahrzeug}}$  zwischen 1 km/h und 3 km/h, noch nicht erreicht ist, wird der Bremsdruck in der Betriebsbremse 17 wieder abgebaut.

Über die Eingangsgrößen Fahrbahnneigung und Fahrzeuggeschwindigkeit wird beim Eintritt in die HDC-Regelung in dem Logikglied 21 ermittelt, ob eine geringe Fahrzeuggeschwindigkeit, vorzugsweise eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $v_{\text{Fahrzeug}}$  zwischen 1 km/h und 3 km/h, erreicht ist, und ob ein Vergleichsergebnis von

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}}}{g} \geq S_{2/R}$$

bei Rückwärtsfahrt

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}}}{g} \leq -S_{2/V}$$

bei Vorwärtsfahrt

mit  $S_2$  = zweiter (fahrtrichtungsabhängiger) Schwellenwert der Fahrbahnneigung,  $\sin \alpha$  = geschätzte Fahrbahnneigung, vorliegt. Darauf hin liefert die Drucksteuerung 25 von dem Bremsbetätigungssignal 26 abhängige konstante Bremsdruckwerte für die Betriebsbremse 17. Der zweite, von der Fahrtrichtung (Vorwärts/Rückwärts) abhängige Schwellenwert beträgt dabei 30 bis 70% des ersten Schwellenwertes  $S_1$ . Die Bremsdruckwerte (Bremsdrücke) werden nach Maßgabe der Fahrbahnneigung beim Erreichen oder Überschreiten der ersten Schwellenwerte und ohne vorliegendes Bremsbetätigungssignal auf einen über dem am ersten Auslösepunkt vorgegebenen Bremsdruck gesetzt. An dem zweiten Auslösepunkt, wenn die Fahrzeuggeschwindigkeit  $3 \text{ km/h} \geq v_{\text{Fahrzeug}} \geq 1 \text{ km/h}$  ist und

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}}}{g} \geq S_{2/R}$$

oder

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}}}{g} \leq -S_{2/V}$$

ist, wird ein Zähler gestartet bzw. Zeitglied 27 ausgelöst, und wenn der Zählerstand einen bestimmten Wert erreicht hat bzw. wenn eine bestimmte Zeitdauer vergangen ist und der Eintritt in die HDC-Regelung noch nicht erfolgt ist, wird der Bremsdruck in der Betriebsbremse 17 wieder abgebaut.

Erreicht der HDC-Regler 15 seine Eintrittsschwelle, so kann er auch vor Ablauf der Wartezeit den Bremsdruck erhöhen.

Nach einem Ausführungsbeispiel des Verfahrens kann die Betriebsbremse 17 auch am ersten oder zweiten Auslösezeitpunkt mit einem variablen Bremsdruck bzw. kontinuierlich veränderlichen Bremsdruck, vorzugsweise in Abhängigkeit von der Fahrbahnneigung und/oder einem in die Betriebsbremse 17 eingesteuerten Bremsdruck und/oder vom Rollwiderstand, mit einem Bremsfluid vorbefüllt werden.

Alternativ kann bei Fahrzeugen mit Bremsanlagen die mit einem Drucksensor ausgestattet sind, ein Übernahmedruck nach Maßgabe der Fahrbahnneigung berechnet werden. Erreicht der Bremsdruck der Bremsanlage beim Lösen des Bremspedals diesen Übernahmedruck, werden die Trennventile geschlossen und der HDC-Regler übernimmt die Regelung.

In dem HDC-Regler 15 wird der in die Betriebsbremse einzusteuernde Bremsdruck über das zum Solldruck korrespondierende Volumen durch Berechnung in einem dem HDC-Regler 15 zugeordneten Druckmodell bestimmt. Die Differenz des berechneten Modellvolumens zu dem Sollvolumen ergibt die geforderte Volumenänderung. Der Solldruck wird dabei aus der zu ihm korrelierenden Regelabweichung der Beschleunigung  $a_{\text{Soll}} - a_{\text{Ist}}$  ermittelt.

In der Gefällekompensation 14 werden zu den normalen Druckaufbauten in der Betriebsbremse 17 durch den HDC-Regler 15 Druckerhöhungen addiert. Dabei wird bei einem Vergleichsergebnis von

$$\sin \alpha = (a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}})/g \leq S_{3/V} \text{ (negativer Zahlenwert) oder}$$

$$\sin \alpha = (a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}})/g \geq S_{3/R} \text{ (positiver Zahlenwert)}$$

mit  $S_{3/V/R}$  = erster Schwellenwert der Fahrbahnneigung bei Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt,  $a_{\text{Sensor}}$  = Längsbeschleunigung des Fahrzeugs bei  $v_{\text{Fahrzeug}} \geq 1 \text{ km/h}$ ,  $a_{\text{Rad}}$  = Radbeschleunigung,  $\sin \alpha$  = geschätzte Fahrbahnneigung (Sinus des Steigungswinkels  $\alpha$ ),  $g$  = Erdbeschleunigung, zu dem vom der HDC-Regelung ermittelten Bremsdruck des Bremsfluids ein von der Fahrbahnneigung abhängiger Kompensationsbremsdruck addiert. Bei  $\sin \alpha > 0$  erfolgt eine Fahrt bergauf in Fahrzeuginnenrichtung (relevant für eine Rückwärtsfahrt), bei  $\sin \alpha < 0$  erfolgt eine Fahrt bergab in Fahrzeuginnenrichtung (relevant für eine Vorwärtsfahrt)

Der Kompensationsbremsdruck wird in Abhängigkeit von einem zur Kompensation des Hangabtriebs bestimmten Grenzbremsdruck zu dem HDC-Bremsdruck addiert, bis die Summe aus dem HDC-Bremsdruck und dem Kompensationsbremsdruck den zur Kompensation des Hangabtriebs bestimmten Grenzbremsdruck erreicht oder eine Abnahme der Istbeschleunigung des Fahrzeugs ermittelt wird. Der Grenzbremsdruck wird dabei nach Maßgabe der Fahrtrichtung nach den folgenden Beziehungen ermittelt:

$P_{compV} = \sin\alpha \cdot K_{V/I}$  ( $K < 0$ ) vorwärts oder

$P_{compR} = \sin\alpha \cdot K_{R/I}$  ( $K > 0$ ) rückwärts

mit  $P_{compV}$  = Grenzbremssdruck bei Vorwärtsfahrt,  $P_{compR}$  = Grenzbremssdruck bei Rückwärtsfahrt,  $\sin\alpha$  = Fahrbahnneigung,  $K_{V/R/I}$  = Bremsdruckkonstante. Der Wert der Bremsdruckkonstanten  $K_{I/V/R}$ , z. B. 100 bar, wird erhöht, wenn ein vierter Schwellenwert der Fahrbahnneigung  $S_{V/R/4}$ , der eine bis zu dem Faktor 5 größere Fahrbahnneigung wiedergibt, überschritten ist.

Die Differenz zwischen dem aktuellen Bremsdruck des HDC-Reglers und dem von der Gefällekompensation ermittelten Kompensationsbremsdruck wird in jeder Druckstufe anteilmäßig durch Druckerhöhung kompensiert. Der Kompensationsbremsdruck wird nach der folgenden Beziehung ermittelt:

$P_{addcomp} = K_2 \cdot (P_{comp} - P_{sollold})$ , mit  $P_{addcomp}$  Kompensationsbremsdruck,  $K_2$  = Anteilsfaktor des Grenzbremssdrucks  $P_{comp}$ ,  $P_{sollold}$  = HDC-Bremsdruck vor der aktuellen Druckerhöhung  $P_{soll}$ .

Wesentlich für die Kompensationsbremsdruckberechnung ist dabei der Wert  $P_{sollold}$  vor der aktuellen Druckerhöhung  $P_{soll}$ . Nach einem weiteren Ausführungsbeispiel wird die von dem HDC-Regler ermittelte Druckerhöhung mindestens verdoppelt ( $2 \cdot (P_{soll} - P_{sollold})$ ).

Die Erhöhung des von der HDC-Regelung vor der aktuellen Druckerhöhung ermittelten Bremsdruckes  $P_{sollold}$  um einen Kompensationsbremsdruck nach Maßgabe der Fahrbahnneigung erfolgt daher nach der folgenden Beziehung:

$P_{addcomp} = \text{MAX}[(0; K_2 \cdot (P_{comp} - P_{sollold}); 2 \cdot (P_{soll} - P_{sollold})]$

Bei starker Zunahme der Fahrbahnneigung nach den Beziehungen

$d(\sin\alpha)/dt \geq S_{SR}$  ( $S > 0$ ) bei Rückwärtsfahrt

$d(\sin\alpha)/dt \leq S_{SV}$  ( $S < 0$ ) bei Vorwärtsfahrt

und einem Überschreiten der Sollgeschwindigkeit der HDC-Regelung nach der Beziehung  $v_{Ist} \geq v_{Soll} - K_v$ , mit  $v_{Ist}$  = Istgeschwindigkeit,  $v_{Soll}$  = Sollgeschwindigkeit,  $K_v$  = Geschwindigkeitskonstante, wird der Kompensationsbremsdruck  $P_{addcomp}$  zu dem vom HDC-Regler ermittelten Bremsdruck addiert oder die Bremsdruckanforderung des HDC-Reglers erhöht, z. B. doppelte Verstärkung des Beschleunigungsreglers. Abgeschaltet wird die Kompensation, sobald die Fahrzeugbeschleunigung negativ wird, d. h. die Istgeschwindigkeit sich wieder an die Sollgeschwindigkeit annähert.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Unterstützen einer HDC-Regelung (HDC = Hill Descent Control) während des Anfahrens und/oder Fahrens eines Fahrzeugs bergabwärts, welche die Fahrzeuggeschwindigkeit bei einer Bergfahrt durch Beeinflussung der Betriebsbremse konstant hält oder begrenzt, **gekennzeichnet durch** die Schritte

Ermitteln mindestens einer externen, das Fahrzeug antreibenden Größe

Vergleichen der antreibenden Größe und/oder deren Veränderung mit mindestens einem vorgegebenen Schwellenwert, und

Beeinflussen der Betriebsbremse in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis vor oder nach Eintritt in die HDC-Regelung.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die externe, das Fahrzeug antreibende Größe, mit mindestens einem Beschleunigungssensor erfasst wird, dass die Beschleunigung in Fahrzeuglängsrichtung und/oder deren Veränderung mit dem mindestens einen Schwellenwert verglichen wird, und dass die Betriebsbremse in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis und der Regelphase der HDC-Regelung beeinflusst wird.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als externe Größe(n) die Erdbeschleunigungskomponente in Fahrzeuglängsrichtung und/oder davon abgeleitete Größen, wie Fahrzeugneigung, Fahrbahnneigung bzw. Gefälle u. dgl., ermittelt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Erdbeschleunigungskomponente in Fahrzeuglängsrichtung bei Fahrzeugstillstand bzw. nahezu Fahrzeugstillstand mit einem Längsbeschleunigungssensor  $a_{Sensor}$  erfasst wird.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Erdbeschleunigungskomponente in Fahrzeuglängsrichtung beim Anfahren bzw. Fahren des Fahrzeugs aus den Signalen eines Längsbeschleunigungssensors und eines Radsensors ermittelt und nach einer vorzeichenrichtigen Summation der ermittelten Beschleunigungswerte von  $a_{Sensor} - a_{Rad}$  oder  $a_{Sensor} + a_{Rad}$  bestimmt wird.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Radbeschleunigung aus dem von mindestens einem Radsensor sensierten Raddrehverhalten ermittelt wird.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Erdbeschleunigung in Fahrzeuglängsrichtung nach der Beziehung

$$\frac{a_{Sensor}}{g} \quad \text{oder} \quad \frac{a_{Sensor} - a_{Rad}}{g} \quad \text{oder} \quad \frac{a_{Sensor} + a_{Rad}}{g}$$

die Fahrbahnneigung ( $\sin\alpha$ ) geschätzt wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass das Anfahren bzw. Anrollen des

Fahrzeugs in Fahrzeuginnenrichtung bis zu einer Fahrzeuggeschwindigkeit von maximal 3 km/h oder bis zum Vorliegen von verwertbaren Signalen mindestens eines Radsensors aus den gefilterten und ungefilterten Signalen des Längsbeschleunigungssensors nach den Beziehungen

$$a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \geq S_{\text{aDifferenz/R}} \text{ (Rückwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} > 0) \text{ oder} \quad 5$$

$$a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \leq S_{\text{aDifferenz/V}} \text{ (Vorwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} < 0)$$

mit  $S_{\text{aDifferenz/R/V}}$  = Schwellenwert,  $a_{\text{SensorFilter}}$  = tiefpassgefilterte Beschleunigung des Fahrzeugs,  $a_{\text{Sensor}}$  = gemessene Beschleunigung des Fahrzeugs (Signal des Längsbeschleunigungssensors), ermittelt wird. 10

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem ersten Auslösezeitpunkt, bei dem das Vergleichsergebnis

$$\sin \alpha \geq S_{1/R} \text{ oder } \sin \alpha \leq -S_{1/V} \quad 15$$

mit  $S_{1/R/V}$  = erster fahrtrichtungsabhängiger Schwellenwert der Fahrbahneigung,  $\sin \alpha$  = geschätzte Fahrbahneigung, und bei dem

$$a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \geq S_{\text{aDifferenz/R}} \text{ (Rückwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} > 0) \text{ oder} \quad 20$$

$$a_{\text{SensorFilter}} - a_{\text{Sensor}} \leq S_{\text{aDifferenz/V}} \text{ (Vorwärtsfahrt, } a_{\text{SensorFilter}} < 0)$$

ist, die Betriebsbremse mit einem Bremsfluid vorbefüllt wird oder ein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid eingestellt oder modifiziert wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Auslösezeitpunkt ein Zähler oder Zeitglied gestartet wird, und wenn der Zählerstand einen bestimmten Wert erreicht hat oder eine vorbestimmte Zeit vergangen ist und der Eintritt in die HDC-Regelung noch nicht erfolgt ist und/oder eine geringe Fahrzeuggeschwindigkeit, vorzugsweise eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{\text{Fahrzeug}}$  zwischen 1 km/h und 3 km/h, noch nicht erreicht ist, ein Abbau des Bremsdrucks erfolgt. 25

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsbremse auf mindestens einen konstanten Bremsdruck, vorzugsweise zwischen 1 und 6 bar, mit dem Bremsfluid vorbefüllt oder ein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid auf den konstanten Bremsdruck eingestellt wird. 30

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremsdruck, mit dem die Betriebsbremse vorbefüllt oder auf den die Betriebsbremse eingestellt wird, in Abhängigkeit von einem Bremsenbetätigungssignal variiert. 35

13. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Betriebsbremse mit einem variablen Bremsdruck, vorzugsweise in Abhängigkeit von der Fahrbahneigung und/oder einem in die Betriebsbremse eingesteuerten Bremsdruck und/oder dem Rollwiderstand, mit einem Bremsfluid vorbefüllt oder ein in der Betriebsbremse vorhandenes Bremsfluid, auf den variablen Bremsdruck eingestellt wird.

14. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem zweiten Auslösezeitpunkt, bei dem das Vergleichsergebnis von 40

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}}}{g} \geq S_{2/R} \quad 45$$

bei Rückwärtsfahrt

$$\sin \alpha = \frac{a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}}}{g} \leq -S_{2/V} \quad 50$$

bei Vorwärtsfahrt

mit  $|S_{2/R/V}|$  = zweiter fahrtrichtungsabhängiger Schwellenwert der Fahrbahneigung,  $\sin \alpha$  = geschätzte Fahrbahneigung, ist, und bei dem eine geringe Fahrzeuggeschwindigkeit, vorzugsweise eine Fahrzeuggeschwindigkeit  $V_{\text{Fahrzeug}}$  zwischen 1 km/h und 3 km/h, erreicht ist, in der Betriebsbremse ein Bremsdruckaufbau auf mindestens einen Bremsdruckwert durchgeführt wird. 55

15. Verfahren nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremsdruckwert in Abhängigkeit von einem Bremsenbetätigungssignal eingestellt wird.

16. Verfahren nach Anspruch 14 oder 15, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremsdruckwert in Abhängigkeit von der Fahrbahneigung eingestellt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 14 oder 16, dadurch gekennzeichnet, dass der Bremsdruckwert in Abhängigkeit von der Fahrbahneigung kontinuierlich verändert wird. 60

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 17, dadurch gekennzeichnet, dass an dem Auslösezeitpunkt ein Zähler oder ein Zeitglied gestartet wird, und wenn der Zählerstand einen bestimmten Wert erreicht hat oder eine vorbestimmte Zeit vergangen ist und der Eintritt in die HDC-Regelung noch nicht erfolgt ist, ein Abbau des Bremsdrucks erfolgt. 65

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 bis 18, dadurch gekennzeichnet, dass bei einem Vergleichsergebnis von

$$\sin\alpha = (a_{\text{Sensor}} - a_{\text{Rad}})/g \leq S_{3/V} \text{ (negativer Zahlenwert)}$$

oder

$$\sin\alpha = (a_{\text{Sensor}} + a_{\text{Rad}})/g \geq S_{3/R} \text{ (positiver Zahlenwert)}$$

mit  $S_{3/V/R}$  = dritter Schwellenwert der Fahrbahnneigung bei Vorwärts- oder Rückwärtsfahrt,  $a_{\text{Sensor}}$  = Längsbeschleunigung des Fahrzeugs bei  $v_{\text{Fahrzeug}} \geq 1 \text{ km/h}$ ,  $a_{\text{Rad}}$  = Radbeschleunigung,  $\sin\alpha$  = geschätzte Fahrbahnneigung (Sinus des Steigungswinkels  $\alpha$ ),  $g$  = Erdbeschleunigung und beim Eintritt in die HDC-Regelung, zu dem vom der HDC-Regelung ermittelten Bremsdruck des Bremsfluids ein von der Fahrbahnneigung abhängiger Kompensationsbremsdruck addiert wird.

20. Verfahren nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompensationsbremsdruck in Abhängigkeit von einem zur Kompensation des Hangabtriebs bestimmten Grenzbremsdruck zu dem HDC-Bremsdruck addiert wird, bis die Summe aus dem HDC-Bremsdruck und dem Kompensationsbremsdruck den zur Kompensation des Hangabtriebs bestimmten Grenzbremsdruck erreicht.

21. Verfahren nach Anspruch 19 oder 20, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompensationsbremsdruck in Abhängigkeit von der Istbeschleunigung zu dem HDC-Bremsdruck addiert wird, bis eine Abnahme der Istbeschleunigung des Fahrzeugs ermittelt wird.

22. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 21, dadurch gekennzeichnet, dass der Grenzbremsdruck nach den folgenden Beziehungen ermittelt wird:

$$P_{\text{compV}} = \sin\alpha \cdot K_{1/R} \text{ oder}$$

$$P_{\text{compR}} = \sin\alpha \cdot K_{1/V}$$

mit  $P_{\text{compV}}$  = Grenzbremsdruck bei Vorwärtsfahrt,  $P_{\text{compR}}$  = Grenzbremsdruck bei Rückwärtsfahrt,  $\sin\alpha$  = Fahrbahnneigung,  $K_{1/R/V}$  = Bremsdruckkonstante.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 22, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert der Bremsdruckkonstanten  $K_{1/R/V}$  erhöht wird, wenn ein vierter Schwellenwert

$$\sin\alpha \leq S_{4/V} \text{ vorwärts}$$

$$\sin\alpha \geq S_{4/R} \text{ rückwärts}$$

der Fahrbahnneigung erreicht oder überschritten wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 23, dadurch gekennzeichnet, dass der Wert der Schwellenwerte  $S_{R/V}$  in Abhängigkeit von der Fahrtrichtung "VORWÄRTS" oder "RÜCKWÄRTS" bestimmt wird.

25. Verfahren nach einem der Ansprüche 19 bis 24, dadurch gekennzeichnet, dass der Kompensationsbremsdruck nach der folgenden Beziehung ermittelt wird:  $P_{\text{addcomp}} = K_2 \cdot (P_{\text{comp}} - P_{\text{sollold}})$ , mit  $P_{\text{addcomp}}$  = Kompensationsbremsdruck,  $K_2$  = Anteilsfaktor des Grenzbremsdrucks  $P_{\text{comp}}$ ,  $P_{\text{sollold}}$  = HDC-Bremsdruck vor der aktuellen Druckerhöhung  $P_{\text{soll}}$ .

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 25, gekennzeichnet durch die Anwendung bei einer Zunahme der Fahrbahnneigung

$$d(\sin\alpha)/dt \geq S_{5R} \text{ (} S > 0 \text{) bei Rückwärtsfahrt}$$

$$d(\sin\alpha)/dt \leq S_{5V} \text{ (} S < 0 \text{) bei Vorwärtsfahrt}$$

und einem Überschreiten der Sollgeschwindigkeit der HDC-Regelung.

27. Vorrichtung zum Unterstützen einer HDC-Regelung (HDC = Hill Decent Control) während des Anfahrens und/oder Fahrens eines Fahrzeugs bergabwärts, welche die Fahrzeuggeschwindigkeit bei einer Bergfahrt durch Beeinflussung der Betriebsbremse konstant hält oder begrenzt, gekennzeichnet durch eine Ermittlungseinheit zum Ermitteln einer externen, das Fahrzeug antreibenden Größe

eine Vergleichseinheit zum Vergleichen der antreibenden Größe und/oder deren Veränderung mit mindestens einem vorgegebenen Schwellenwert, und eine Einheit zum Beeinflussen der Betriebsbremse in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis vor oder nach Eintritt in die HDC-Regelung.

28. Vorrichtung nach Anspruch 27, dadurch gekennzeichnet, dass die Ermittlungseinheit für die antreibende Größe mindestens einen Längsbeschleunigungssensor und/oder Raddrehzahlsensoren aufweist, und aus den Sensorsignalen eine Erdbeschleunigungskomponente oder davon abgeleitete Größen, wie Fahrbahn- oder Fahrzeugneigung bzw. Gefälle u. dgl. bestimmt, dass die Vergleichseinheit als Summationsglied ausgebildet ist, in dem ein Vergleich der antreibenden Größe mit mindestens einem Schwellenwert erfolgt, dass eine Ein- und Ausschaltlogik vorgesehen ist, die in Abhängigkeit von dem Vergleichsergebnis die Beeinflussungsvorrichtung für die Betriebsbremse aktiv oder inaktiv schaltet, und dass eine Beeinflussungseinheit vorgesehen ist, die mindestens eine Druckvorsteuerung für den Druckauf- oder -abbau in der Betriebsbremse steuert.

29. Vorrichtung nach Anspruch 27 oder 28, dadurch gekennzeichnet, dass die Beeinflussungseinheit eine Gefällekompensation aufweist, die auf den vom HDC-Regler in die Betriebsbremse eingesteuerten Bremsdruck einen

# DE 100 39 458 A 1

Kompensationsbremsdruck addiert.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

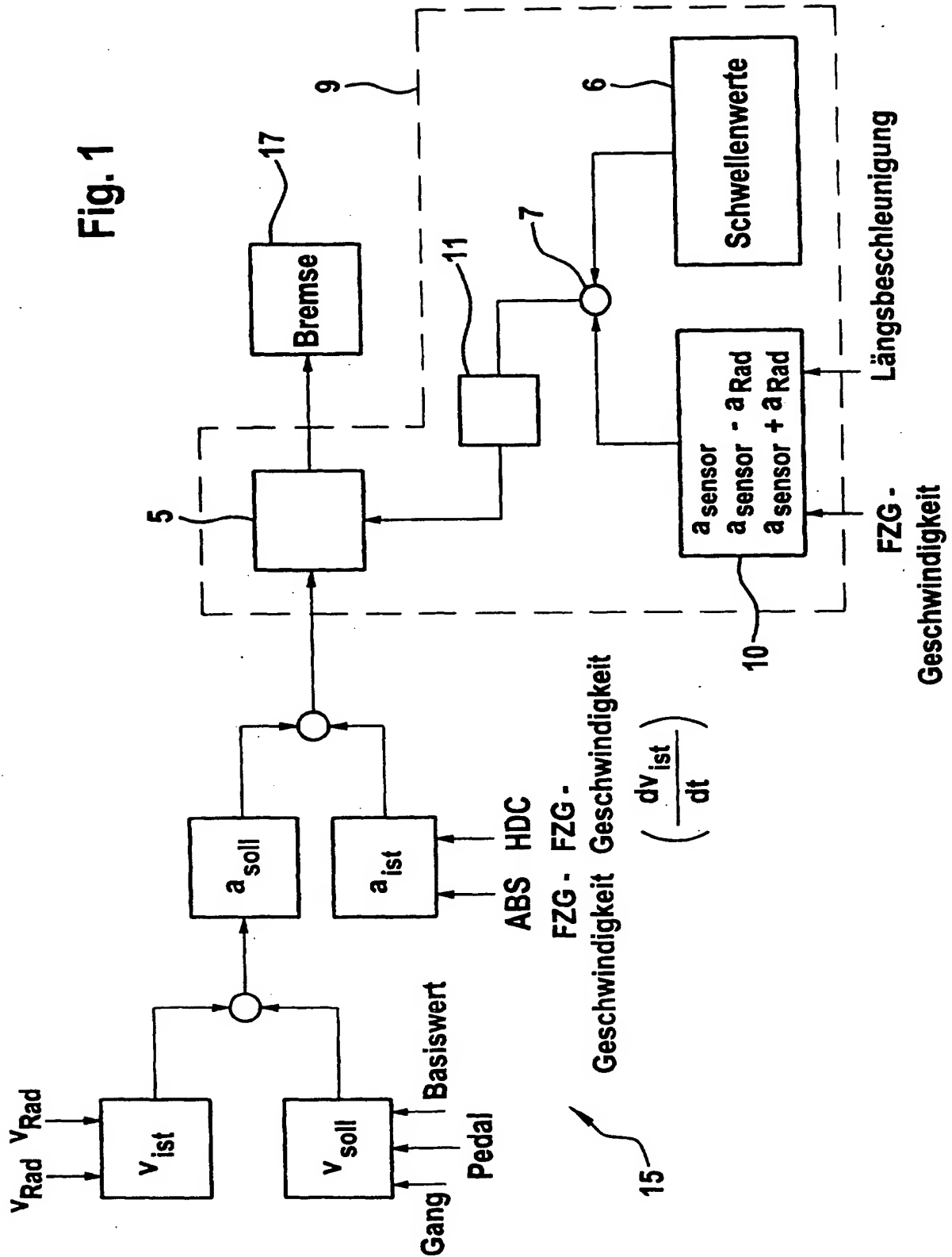
50

55

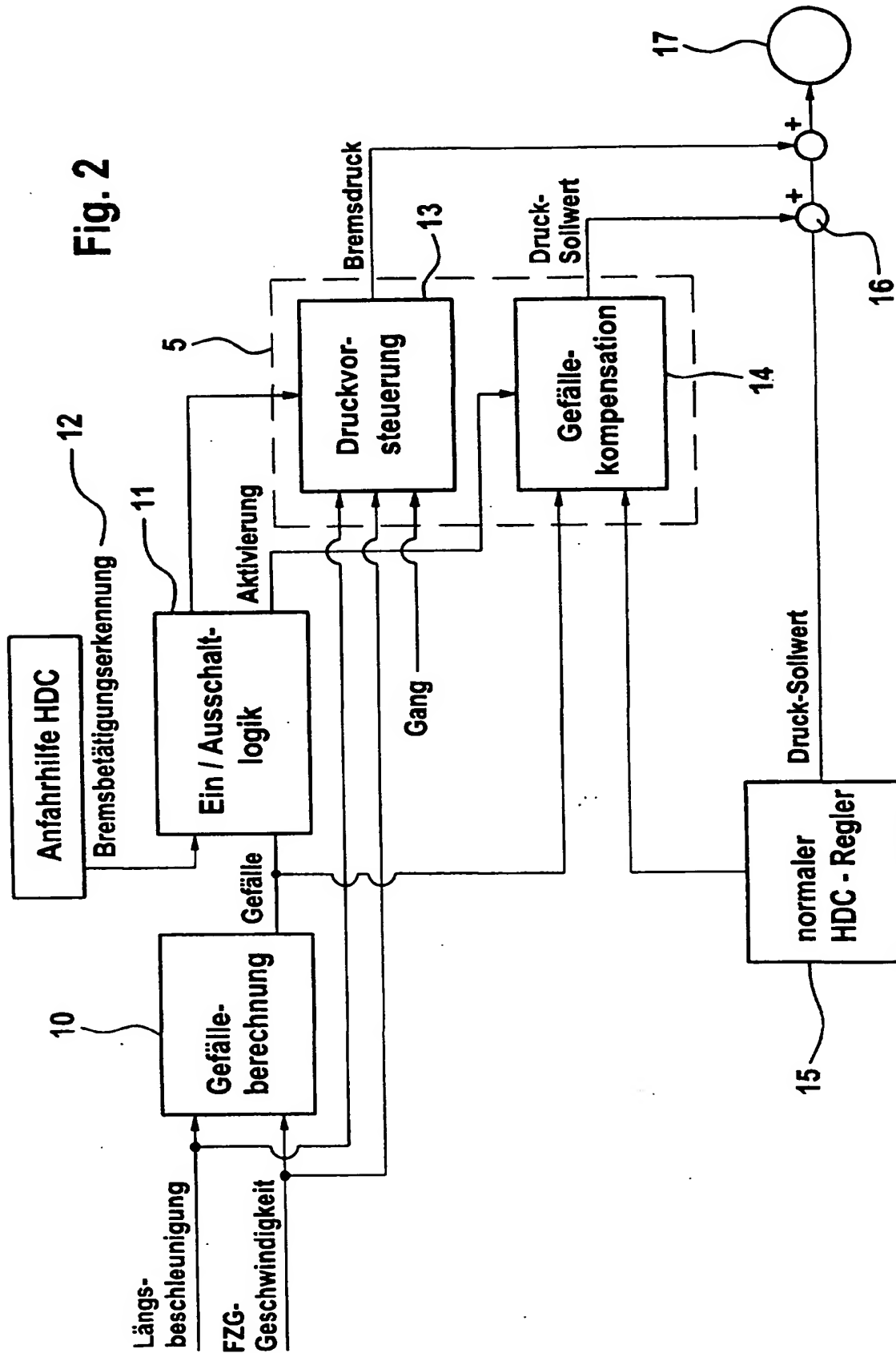
60

65

**Fig. 1**



**Fig. 2**



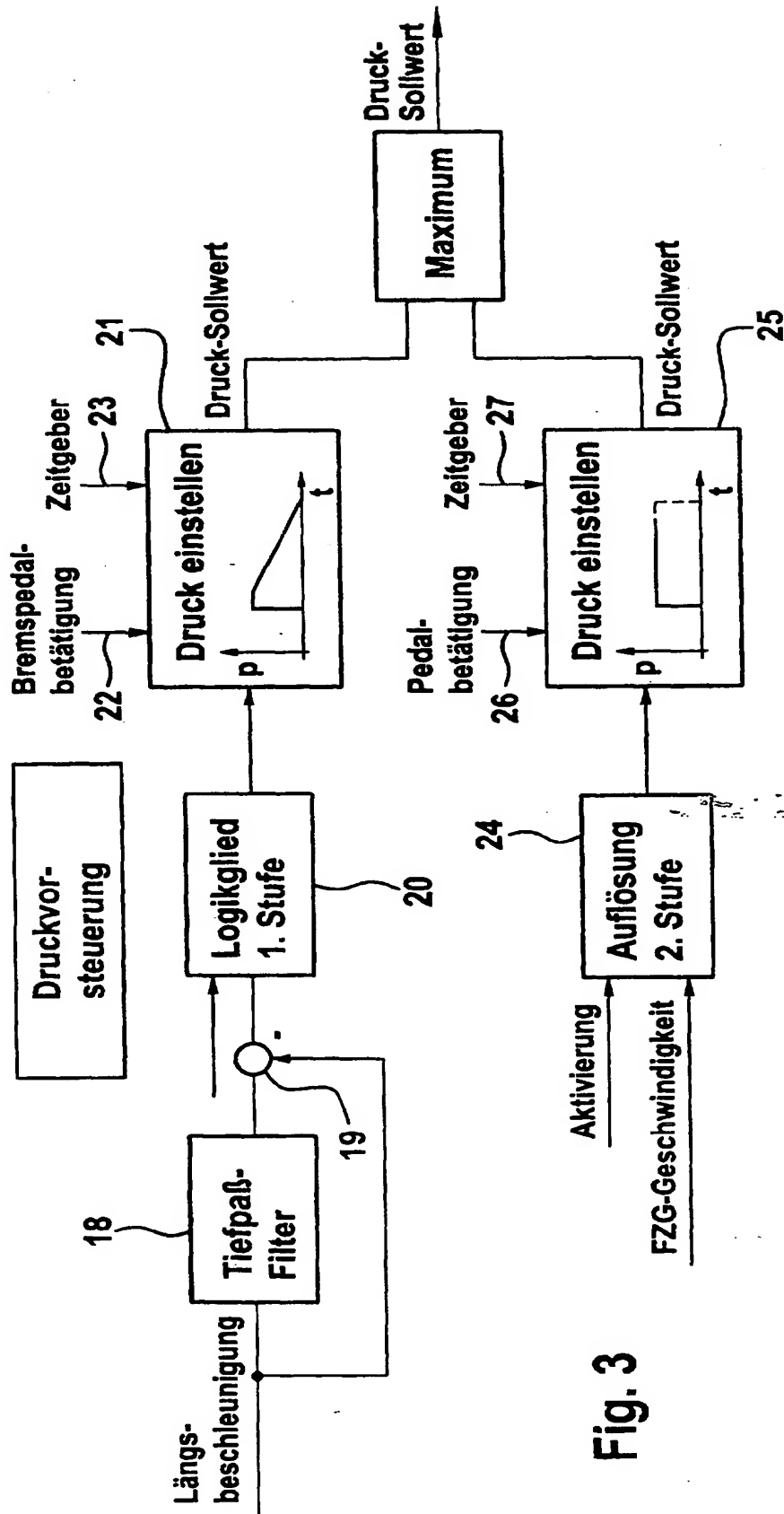


Fig. 3

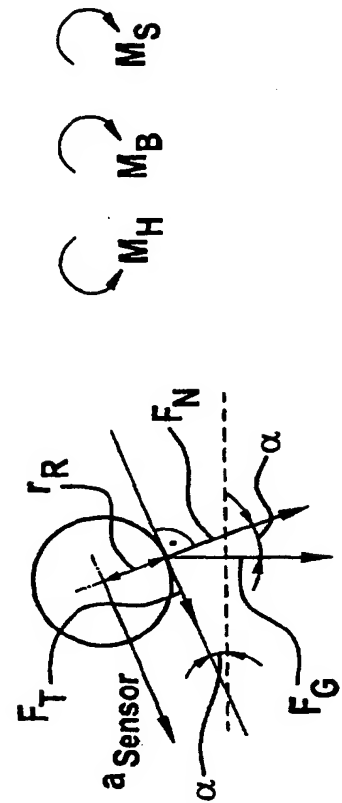


Fig. 4